

## 1. Vorwort

Eine große Stärke des Programms Coach5 ist die Möglichkeit, Vorgänge in der Natur in Modellen zu behandeln und schrittweise berechnen zu lassen. Dabei können die Auswirkungen einzelner Parameter für den Ablauf und das Ergebnis dieser Vorgänge einfach studiert und geradezu erfahren werden. Die Ergebnisse dieser Simulationen sind meist anschauliche Diagramme, deren Interpretation leichter ist als die direkte Erklärung des Vorganges.

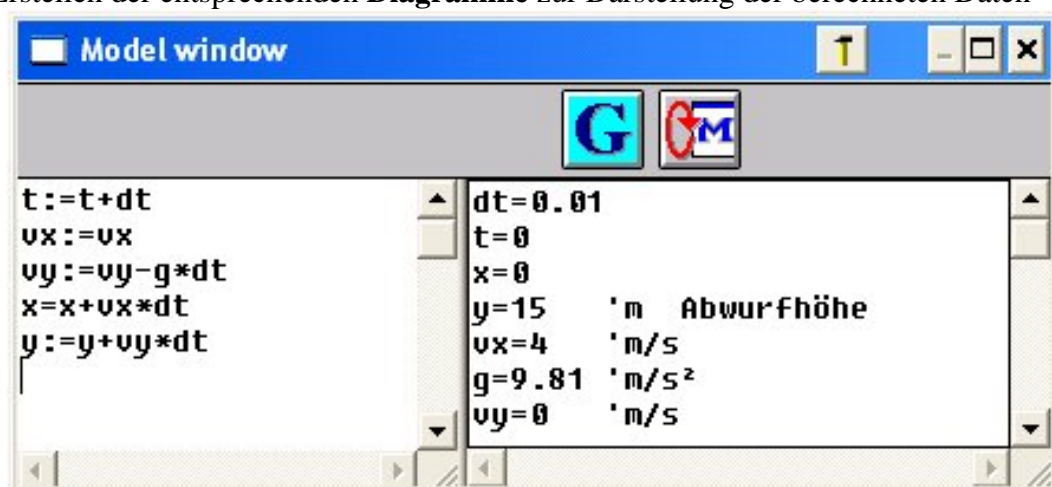
Besonders spannend wird es, wenn selbst gestaltete Modelle durch selbst gewonnene Messdaten auf ihre Richtigkeit überprüft werden können, wie dies etwa für das Abkühlen einer Tasse heißen Kaffees (Wassers) relativ leicht realisiert werden kann.

Fürs Modeling braucht man **nur das Programm**, das auch in einem Netzwerk ("Trägersaal für Informatik") installiert werden kann; es sind keine Datenlogger oder Sensoren oder Aktoren nötig wie beim Experimentieren oder Steuern. Wenn man **wenige Grundkenntnisse vom Programmieren** in einer Sprache wie Visual Basic oder TurboPascal hat, kommt man mit der **Coach-Programmiersprache** schnell klar. Falls man etwa die Syntax einer Einweg- oder Zweiweg-Verzweigung im Griff hat, lassen sich schon zahlreiche sehr interessante Aufgabenstellungen elegant bearbeiten. Analytisches Denken und naturwissenschaftlicher Sachverstand sind beim Modellieren natürlich auch sehr gefragt.

## 2. Der horizontale Wurf - ein erstes Musterbeispiel

Die Modellbildung für eine Aufgabe wird in Coach5 in **zwei Schritten** ausgeführt:

- Erstellen des **Berechnungsprogrammes** im Modell-Fenster
- Erstellen der entsprechenden **Diagramme** zur Darstellung der berechneten Daten



Der rechte Teil des Modell-Fensters ist der **Initialisierungsteil** und enthält die **Startwerte** sowie die Größe der **Schrittweite** der Laufvariablen (oft ist das die Zeit t).

Im linken Teil stehen die **Berechnungsanweisungen**, welche in einer **zählergesteuerten Schleife** schrittweise die gewünschten Größen berechnen. Die Anzahl der Schleifendurchläufe wird im **Model-Setting** festgelegt (Schaltfläche mit dem M im Modell-Fenster)!

Die berechneten Daten sollen nun in 3 Diagrammen dargestellt werden:

**X(t) Diagramm** mit vx auf der 2. vertikalen Achse (vx meint die Geschwindigkeit in x-Richtung)

**Y(t) Diagramm** mit vy auf der 2. vertikalen Achse

**Y-X-Diagramm = Wurfbahn**

Hier brauchen wir uns nicht um die Anzahl der Berechnungsschritte zu kümmern; falls sie zu klein ist - dann erreicht der Gegenstand nicht den Boden - erhöhen wir die Anzahl der Schleifendurchläufe; eine "zu große" Anzahl der Berechnungsschritte "spüren" wir gar nicht, wenn

wir bei den Diagrammen die Achsen-Skalierungen inklusive der anzuzeigenden Minimum- und Maximumwerte entsprechend wählen!

### Die Wurfbahn als Funktion der horizontalen Abwurfgeschwindigkeit $v_x$ (m/s):

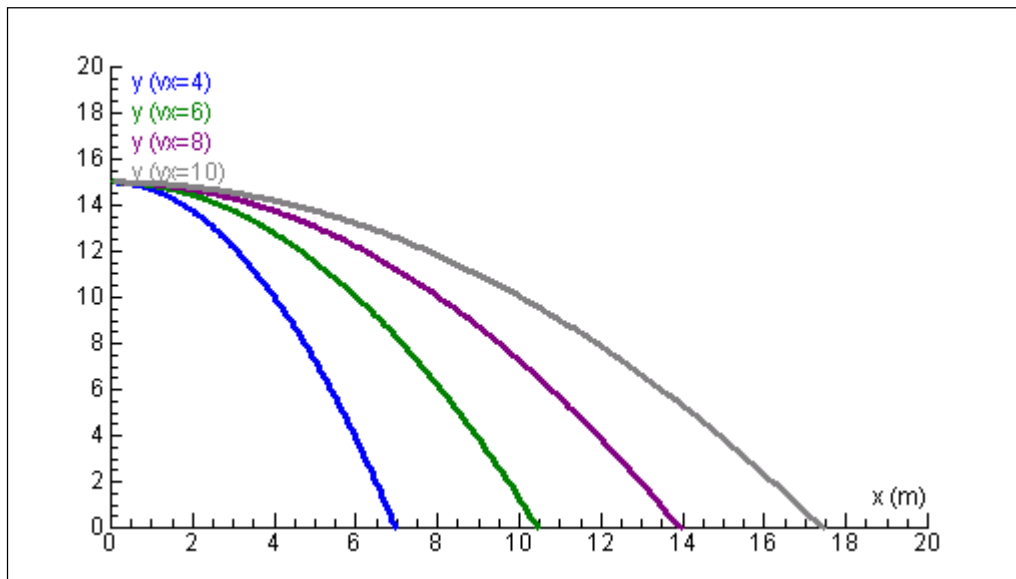


Diagramm  
Kontextmenü  
**Simulate**  
 $v_x$  variieren

Ein solches Diagramm entsteht z.B., wenn die Abwurfgeschwindigkeit variiert wird. Über die **[Clipboard copy]**-Schaltfläche kann es schnell und einfach in ein **Word-Protokoll** übertragen werden.

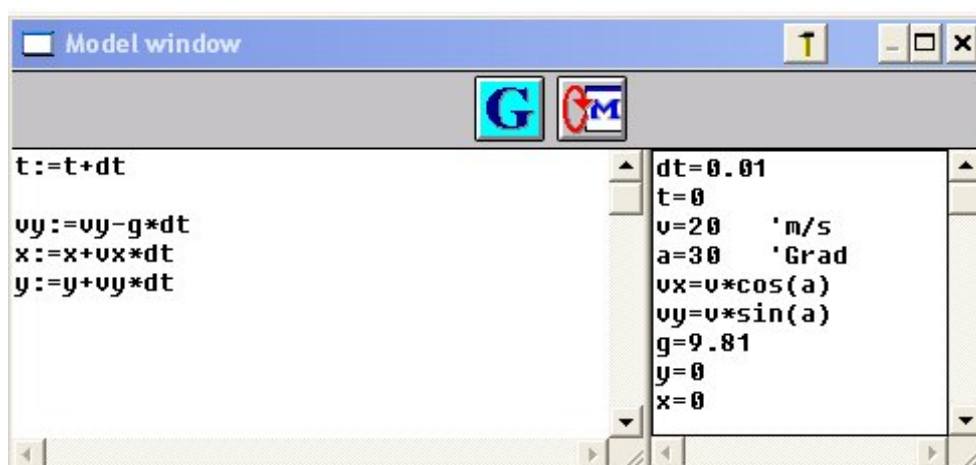
**Mögliche Fragen zu diesem Projekt:** Wie groß sind die Wurfweiten? Aus welchen Diagrammen kann man die Komponenten der Aufprallgeschwindigkeit herauslesen?

Welche zusätzliche Berechnungsanweisung würde die Darstellung der Bahngeschwindigkeit als Funktion der Zeit ermöglichen?

**Antwort:** zusätzlich müsste  $v := \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  oder  $v := (v_x^2 + v_y^2)^{0.5}$  im linken Teil des Modell-Fensters stehen.

### 3. Der schiefe Wurf ohne Luftwiderstand

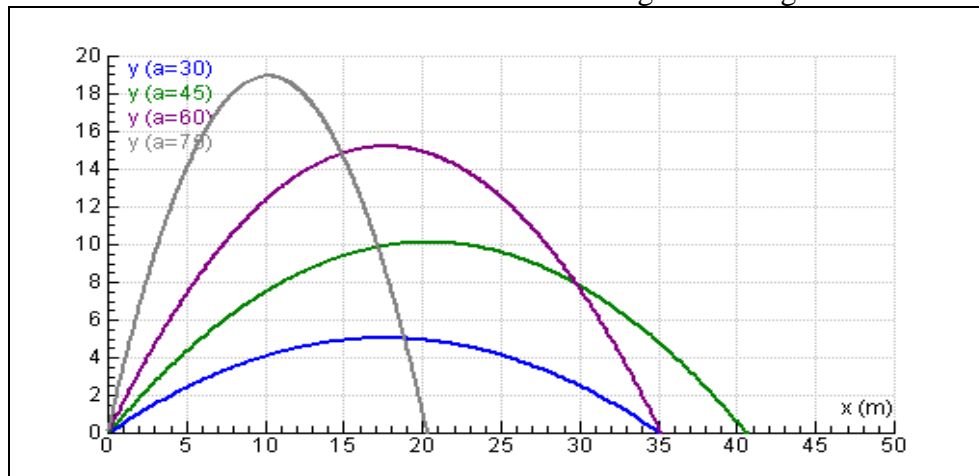
Bei dieser zusammengesetzten Bewegung ändert sich in x-Richtung die Geschwindigkeit nicht, in y-Richtung wird sie von der **Schwerebeschleunigung**  $g$  beeinflusst. Dass sich in y-Richtung ein senkrechter Wurf abspielt, ist gar nicht zu wissen; auch die Formeln für eine beschl. Bewegung müssen nicht angewendet werden, weil im **Zeitintervall**  $dt$  immer nur eine kleine Geschwindigkeitsänderung  $dv = g \cdot dt$  entsteht. Nur die **Definitionen von  $v$  und  $g$**  sind anzuwenden.



In Activity options  
Winkel maß auf  
Grad (Degrees)  
stellen  
Anzahl der  
Iterationen: 4000

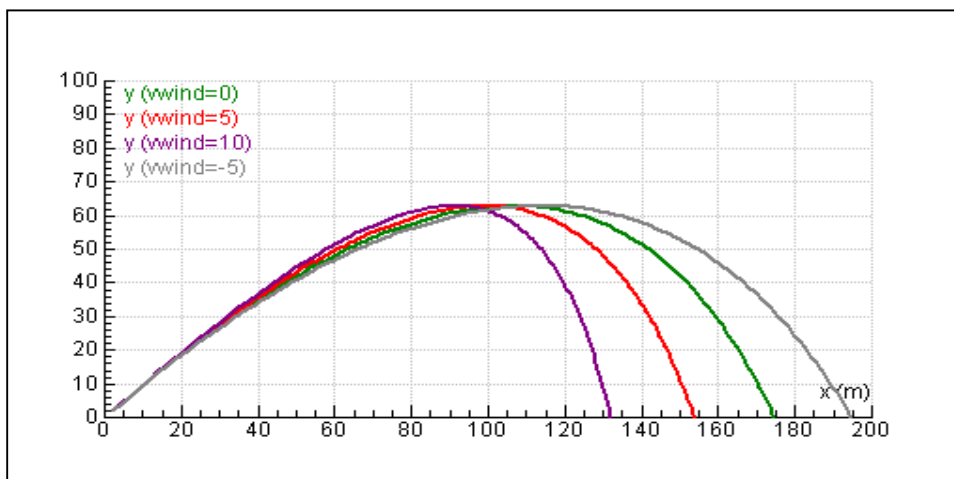
**Achtung: Der Coach5-Language-Editor unterscheidet keine Groß- oder Kleinschreibung !!**

Bei Variation des Abwurfwinkels  $\alpha$  entsteht folgendes Diagramm:



Wenn die Zahl der Iterationen zu klein ist, wird der Wurf nicht fertig gezeichnet; dass die Wurfbahn nicht „unter den Boden geht“, wird hier im y-Bereich des Diagramms eingestellt (Min:0; Max: 20).

## 4. Der schiefe Wurf mit Luftwiderstand und Gegenwind (+) bzw. Rückenwind (-)



wink = 45°

v = 60 m/s

Variiert wurde hier die **Geschwindigkeit des Windes**, also  $v_{\text{wind}}$  !!  
 0 m/s kein Wind  
 5, 10 m/s Gegenwind  
 -5 m/s Rückenwind

Angeströmte Fläche  $A = 0,01\text{m}^2 = 1\text{dm}^2$ ; Cw-Wert = 0.4; Luftdichte:  $1,3\text{ kg/m}^3$

```

G  GM
t:=t+dt
Fx:=c*(vx+vwind)*(vx+vwind)
Fy:=c*vy*vy

if (vx+vwind)>=0 then
  ax:=-Fx/m
else
  ax:=Fx/m
endif
ay:=-Fy/m - g

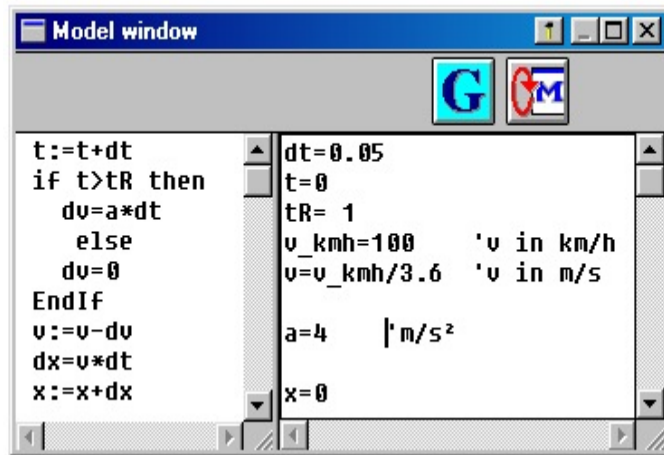
vx:=vx+ax*dt
vy:=vy+ay*dt
x:=x+vx*dt
y:=y+vy*dt

dt=0.05
t=0
x=0
y=0 'm Abwurfhöhe
c=0.4*0.01*0.5*1.3
m=0.5 'kg
vwind=0 'm/s Wind
' + .. Gegenwind
' - .. Rückenwind
v=40 'm/s
wink=45 'Grad
vx=v*cos(wink)
vy=v*sin(wink)
g=9.81
ax=0
ay=-g
    
```

Anzahl der Iterationen:  
**150**

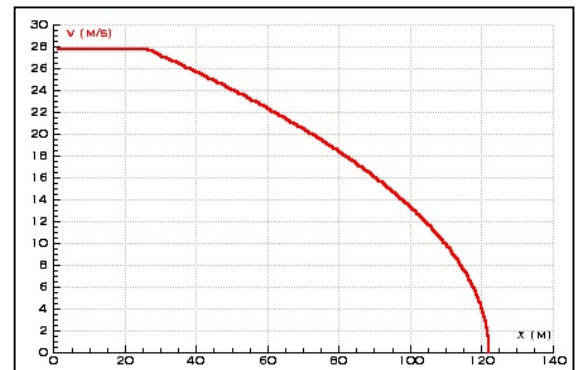
In der Berechnungsschleife kann **sehr ähnlich wie in Visual Basic programmiert** werden. Die Programmierbefehle und die Syntax sind über die Hilfe zu bekommen.

### 5. Der Anhalteweg, die Änderung der Geschwindigkeit als Funktion des Weges



Modellfenster (links) und v-x-Diagramm

N = 200



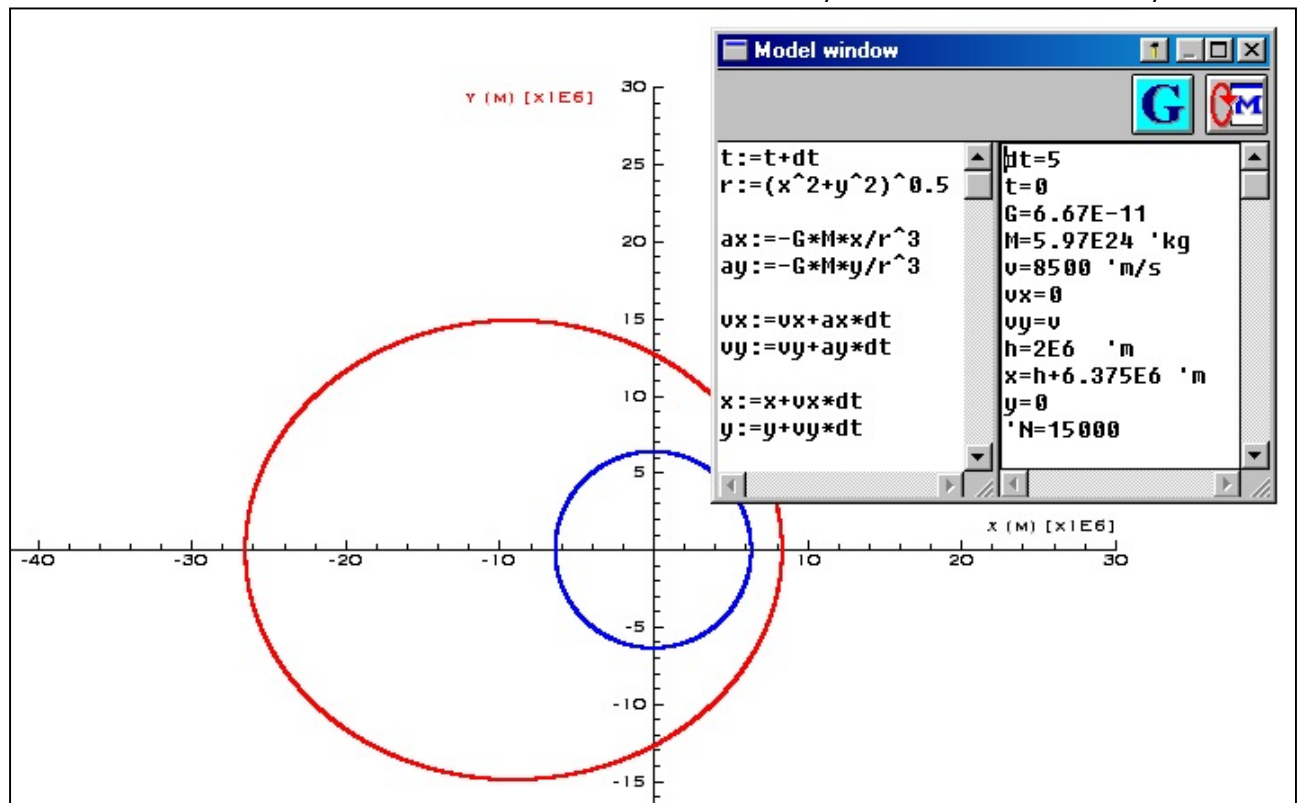
Dieses Thema kann mit Coach5 auch durch Auswerten eines Videoclips elegant behandelt werden !

### 6. Satellitenbahnen – Kreisbahn- und Fluchtgeschwindigkeit

Ein tolles Beispiel, bei dem nur die Berechnung der Beschleunigung eine kleine Herausforderung darstellt! Es gilt das Newton'sche Gravitationsgesetz und das 2.Newtonsche Axiom:  $a = F/m$

$$F = \frac{G * M * m}{r^2} \quad \text{vektoriell: } \vec{F} = -\frac{G * M * m}{r^2} * \frac{\vec{r}}{r} = -\frac{G * M * m * \vec{r}}{r^3} \quad \vec{a} = -\frac{G * M * \vec{r}}{r^3}$$

$$\vec{a} = (a_x, a_y) \quad \vec{r} = (x, y) \quad r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{ergibt: } a_x = -\frac{G * M * x}{r^3} \quad \text{und} \quad a_y = -\frac{G * M * y}{r^3}$$



Startpunkt der Bahn ist  $h$  Meter über der Erdoberfläche (innerer blauer Kreis), auf der positiven x-Achse bei der x-Koordinate  $x = 6,375 \cdot 10^6 \text{ m} + h$ .

Es ist zweckmäßig, den Vollbildschirm für die Darstellung des Diagramms zu verwenden.

Die x-Achse sollte von  $-50\text{E}6$  bis  $30\text{E}6$  und die y-Achse von  $-30\text{E}6$  bis  $30\text{E}6$  reichen.

Eine „Spezialität für Fortgeschrittene“ ist das **Einzeichnen des "blue planet"** in dieses Diagramm. Dazu muss zuerst  $h = 0$  gesetzt werden und der **Geschwindigkeit  $v$**  der Wert der 1.kosmischen Geschwindigkeit, nämlich  $7,9 \text{ km/s} = 7900 \text{ m/s}$ , zugeordnet werden. Nach dem Zeichnen = Durchrechnen dieser Bahn muss dieses Ergebnis unter **File/Results/Save as** "Kreisbahn  $h = 0$ " gespeichert werden.

Danach wechseln wir wieder in die Aktivität, die wir gerade bearbeitet haben. Wir stellen im Modellfenster  $v$  etwa wieder auf  $8500 \text{ m/s}$  und  $h$  auf  $2000 \text{ km} = 2 \cdot 10^6 \text{ m} = 2\text{E}6 \text{ m}$  und lassen uns von Coach5 die Bahn zeichnen.

Mit der Option **Import Background Graph** des Diagramm-Kontextmenüs holen wir die "Kreisbahn  $h = 0$ " als reine Graphik (kann nicht verändert werden) in das Diagramm herein. Der Dialog dazu ist unten abgebildet.

Jetzt kann man sich ein bisschen spielen und die Abhängigkeit der Bahnen von der Höhe des Startpunktes und der Geschwindigkeit des Satelliten durch Simulationen erforschen und erfahren.

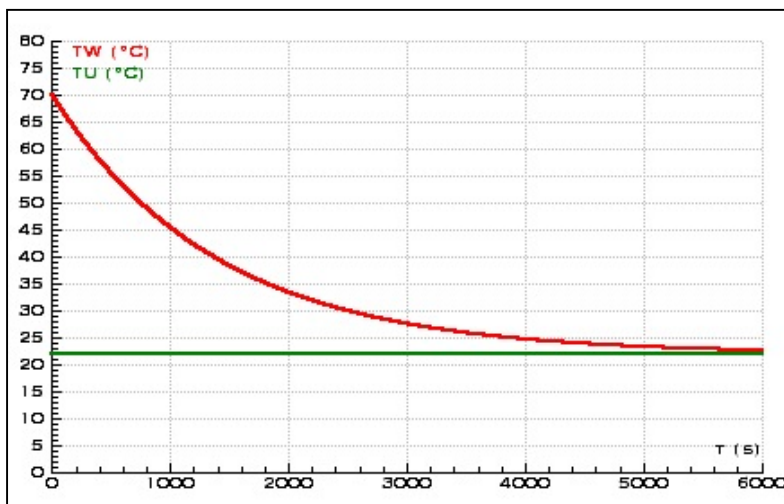
Ermittle z.B. durch simulieren, wie groß die Kreisbahngeschwindigkeit in  $2000 \text{ km}$  Höhe ist?

hier die **Farbe blau** einstellen: "blue planet"

dies ist das Dialogfenster für den Import eines sogenannten **Background Graphs** des Satellitenbahn-Modells



## 7. Abkühlen einer Tasse Kaffe (Wasser) - ein Modell, das durch Messdaten getestet werden kann



links das Modell-Diagramm !

### Test des Modells:

Das Messdatendiagramm muss **gleich skaliert** sein und die Daten unter **File/Results/Save as** abgespeichert sein.

Diese Daten werden dann als Backgroundgraph hereingeladen (siehe oben !). Anfangstemp. TW, TU und Masse m müssen im Modell so eingestellt werden wie bei der Messung! Dann kann **SP durch Simulation** ermittelt und das ganze Modell getestet werden.

Und noch was anderes: Was zeigt das nächste Diagramm ?

